



03 20

0240

P/1071-1009

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Takahiro YAMAMOTO et al.

Date: May 30, 2000

Serial No: 09/539,691

Group Art Unit:

Filed: March 31, 2000

For: METHOD FOR MACHINING CERAMIC GREEN SHEET AND APPARATUS...

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

In accordance with 35 U.S.C. §119, Applicant confirms the request for priority under the International Convention and submits herewith the following document in support of the claim:

Certified Japanese Registration No.

11-095770 Filed April 2, 1999

11-095771 Filed April 2, 1999

11-095772 Filed April 2, 1999

11-095774 Filed April 2, 1999

BEST AVAILABLE COPY

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the U.S. Postal Service as first class mail in an envelope addressed to Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, D.C. 20231 on May 30, 2000:

Respectfully submitted,

Steven I. Weisburd

Name of applicant, assignee or
Registered Representative

Signature

May 30, 2000

Date of Signature

Steven I. Weisburd

Registration No.: 27,409

OSTROLENK, FABER, GERB & SOFFEN, LLP

1180 Avenue of the Americas

New York, New York 10036-8403

Telephone: (212) 382-0700

SIW:dr1



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 4月 2日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第095770号

出 願 人

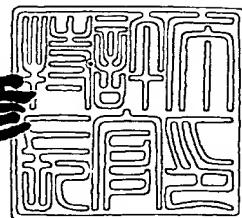
Applicant (s):

株式会社村田製作所

2000年 3月31日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3021535

【書類名】 特許願

【整理番号】 99380MR

【提出日】 平成11年 4月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H05K 3/46

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内

【氏名】 山本 高弘

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内

【氏名】 小松 裕

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内

【氏名】 森本 正士

【発明者】

【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田製作所内

【氏名】 鹿間 隆

【特許出願人】

【識別番号】 000006231

【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】

【識別番号】 100092071

【弁理士】

【氏名又は名称】 西澤 均

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 043993

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 セラミックグリーンシートの加工方法及び加工装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セラミックグリーンシートに同一の形状及び寸法を有する複数個の貫通孔を形成するためのセラミックグリーンシートの加工方法であって、

レーザ光源から放射されたレーザビームを、回折格子を通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザビームに分光した後、

均一に複数個に分光されたレーザビームをセラミックグリーンシートに照射して、セラミックグリーンシートに均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を同時に形成すること

を特徴とするセラミックグリーンシートの加工方法。

【請求項 2】

セラミックグリーンシートを移動させながら、レーザビームを照射することを特徴とする請求項 1 記載のセラミックグリーンシートの加工方法。

【請求項 3】

セラミックグリーンシートを断続的に移動させながら、レーザビームを照射することを特徴とする請求項 1 記載のセラミックグリーンシートの加工方法。

【請求項 4】

前記レーザ光源から放射されるレーザビームが、パルス状のレーザビームであることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載のセラミックグリーンシートの加工方法。

【請求項 5】

セラミックグリーンシートに同一の形状及び寸法を有する複数個の貫通孔を形成するためのセラミックグリーンシートの加工方法であって、

パルス状のレーザビームを放射するレーザ光源と、レーザビームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザビームに分光する回折格子と、レーザビームを所定の反射角度で反射させる

ガルバノスキャンミラーと、ガルバノスキャンミラーにより反射されたレーザービームを個々に集光する集光レンズと、セラミックグリーンシートを所定の位置関係となるように配設し、

レーザー光源から放射されたパルス状のレーザービームを、前記回折格子を通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザービームに分光し、

均一に複数個に分光されたパルス状のレーザービームをガルバノスキャンミラーで反射させてセラミックグリーンシートに照射し、セラミックグリーンシートの所定の位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を同時に形成した後、

ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させて、レーザービームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返し、セラミックグリーンシートの異なる所定の位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を形成すること

を特徴とするセラミックグリーンシートの加工方法。

【請求項 6】

セラミックグリーンシートに同一の形状及び寸法を有する複数個の貫通孔を形成するためのセラミックグリーンシートの加工方法であって、

パルス状のレーザービームを放射するレーザー光源と、レーザービームを所定の反射角度で反射させるガルバノスキャンミラーと、レーザービームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザービームに分光する回折格子と、複数個に分光されたレーザービームを個々に集光する集光レンズと、セラミックグリーンシートを所定の位置関係となるように配設し、

レーザー光源から放射されたパルス状のレーザービームを、ガルバノスキャンミラーで反射させた後、

ガルバノスキャンミラーで反射されたレーザービームを、前記回折格子を通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザービームに分光し、

均一に複数個に分光されたパルス状のレーザービームをセラミックグリーンシートに照射し、セラミックグリーンシートの所定の位置に、均一な形状及び寸法の

複数個の貫通孔を同時に形成した後、

ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させて、レーザビームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返し、セラミックグリーンシートの異なる所定の位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を形成すること
を特徴とするセラミックグリーンシートの加工方法。

【請求項 7】

前記セラミックグリーンシートを移動させながら、パルス状のレーザビームの照射を繰り返すことを特徴とする請求項 5 又は 6 記載のセラミックグリーンシートの加工方法。

【請求項 8】

前記回折格子が、レーザビームの透過率の高い材料を用いて形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれかに記載のセラミックグリーンシートの加工方法。

【請求項 9】

前記レーザ光源から放射されるレーザが、CO₂レーザであることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載のセラミックグリーンシートの加工方法。

【請求項 10】

前記セラミックグリーンシートが、キャリアフィルムにより一面を支持されたキャリアフィルム付きセラミックグリーンシートであることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載のセラミックグリーンシートの加工方法。

【請求項 11】

セラミックグリーンシートを支持する支持手段と、
セラミックグリーンシートを所定方向に移動させる移動手段と、
レーザ光源と、

前記レーザ光源から放射されたレーザビームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザビームに分光する回折格子と、

前記回折格子を通過し、均一に複数個に分光されたレーザビームを個々に集光して、前記支持手段により支持されたセラミックグリーンシートに照射する集光

レンズと

を具備することを特徴とするセラミックグリーンシートの加工装置。

【請求項 1 2】

セラミックグリーンシートを支持する支持手段と、

レーザ光源と、

前記レーザ光源から放射されたレーザビームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数のレーザビームに分光する回折格子と、

前記回折格子を通過し、均一に複数のレーザビームに分光されたレーザビームを所定の反射角度で反射させるガルバノスキャンミラーと、

前記ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させるガルバノスキャンミラー駆動手段と、

前記ガルバノスキャンミラーにより所定の反射角度で反射されたレーザビームを個々に集光して、前記支持手段により支持されたセラミックグリーンシートに照射する集光レンズと

を具備することを特徴とするセラミックグリーンシートの加工装置。

【請求項 1 3】

セラミックグリーンシートを支持する支持手段と、

レーザ光源と、

前記レーザビームを所定の反射角度で反射させるガルバノスキャンミラーと、

前記ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させるガルバノスキャンミラー駆動手段と、

前記ガルバノスキャンミラーにより所定の反射角度で反射されたレーザビームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数のレーザビームに分光する回折格子と、

前記回折格子を通過し、均一に複数のレーザビームに分光されたレーザビームを個々に集光して、前記支持手段により支持されたセラミックグリーンシートに照射する集光レンズと

を具備することを特徴とするセラミックグリーンシートの加工装置。

【請求項 14】

セラミックグリーンシートを所定方向に移動させる移動手段を具備していることを特徴とする請求項 12 又は 13 記載のセラミックグリーンシートの加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本願発明は、積層セラミック電子部品を製造する場合などに用いられるセラミックグリーンシートの加工方法及び加工装置に関し、詳しくは、セラミックグリーンシートに貫通孔（例えば、ビアホールやスルーホールなどとして機能させるための穴）を形成するためのセラミックグリーンシートの加工方法及び加工装置に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】

積層型コイル部品、積層基板、その他の種々の積層セラミック電子部品においては、通常、セラミック層を介して積層、配設された内部電極間（層間）の電気的接続を、セラミックグリーンシートに形成されたビアホール（貫通孔）を介して行っている。

【0003】

ところで、従来は、セラミックグリーンシートにビアホール（貫通孔）を形成するための加工方法として、金型とピンを用いてセラミックグリーンシートを打ち抜く方法が広く用いられている。

【0004】

しかし、上記の打ち抜き加工方法の場合、

①金型やピンの寸法精度が、貫通孔の精度に大きな影響を与えるため、金型及びピンの寸法や形状の精度を高く保たなければならず、設備コストの増大が避けられない、

②金型やピンは高価であるにもかかわらず、寿命が短く、定期的な交換が必要であり、交換に手間がかかる、

③加工部分の形状が変わると金型やピンを交換することが必要になり、しかも、交換後に、金型とピンの精密な調整が必要となり、手間がかかる、

④貫通孔の寸法が小さくなるにつれて、加工精度（形状精度）が低下する
というような問題点がある。

【 0 0 0 5 】

そこで、上記のような問題点を解消するために、レーザビームを用いて、直径が $80\mu\text{m}$ 程度の寸法の小さな貫通孔を、高い形状精度及び位置精度でセラミックグリーンシートの所定の位置に形成することが可能な方法（レーザ加工法）が提案され、その一部が実施されるに至っている。

【 0 0 0 6 】

しかし、従来のレーザビームを用いて加工する方法では、ガルバノスキャンミラーやセラミックグリーンシートを支持するテーブルを移動させることによりセラミックグリーンシートの異なる位置に順次加工を行う（貫通孔を形成する）方法がとられるが、レーザビームの発振周波数、ガルバノスキャンミラーのスキャン速度、テーブルの移動速度などが加工速度を律速し、加工速度の向上が制約されるという問題点がある。

【 0 0 0 7 】

なお、このレーザ加工法を用いた場合の加工速度は、上述の金型とピンを用いる場合の加工速度に比べて著しく遅く、通常は、数分の一程度、場合によっては十分の一以下である。

【 0 0 0 8 】

また、レーザ加工法において、加工速度を向上させることを目的として、YAGレーザを用いて同時に複数個の貫通孔を形成する方法も提案されているが、この方法には、

①レーザビームを分岐する分岐器や、分岐器で分岐した後のレーザビームの伝送系での損失が大きく、レーザ発振器からのエネルギーの30～50%程度しか有効に利用できず、分光数を十分に増やせない、

②加工対象であるセラミックグリーンシートが、YAGレーザの吸収率の低い組成のものである場合、YAGレーザビームの吸収材として、高価な材料を用い

ることが必要となるため、コストの増大を招く
というような問題点がある。

【 0 0 0 9 】

また、YAGレーザやCO₂レーザを利用して、像転写の方法や、所定形状の透過部を有するマスクを使用する方法などにより、セラミックグリーンシートに複数個の貫通孔を同時に形成する加工方法も提案されているが、これらの方法の場合にも、

①レーザ発振器からのエネルギーの10～30%程度しか有効に利用することができないため、同時に形成できる貫通孔の数を十分に多くすることができない

②結像面や像転写用のマスクがレーザビームにより損傷を受けやすく、高精度の加工を安定して行うことが困難である

というような問題点がある。

【 0 0 1 0 】

本願発明は、上記問題点を解決するものであり、セラミックグリーンシートの所定の位置に、均一な形状及び寸法を有する複数個の貫通孔を効率よく形成することが可能なセラミックグリーンシートの加工方法及び加工装置を提供することを目的としている。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本願発明のセラミックグリーンシートの加工方法は、

セラミックグリーンシートに同一の形状及び寸法を有する複数個の貫通孔を形成するためのセラミックグリーンシートの加工方法であって、

レーザ光源から放射されたレーザビームを、回折格子を通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザビームに分光した後、

均一に複数個に分光されたレーザビームをセラミックグリーンシートに照射して、セラミックグリーンシートに均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を同時に

形成すること

を特徴としている。

【0012】

レーザ光源から放射されたレーザビームを、回折格子を通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザビームに分光し、均一に複数個に分光されたレーザビームをセラミックグリーンシートに照射することにより、セラミックグリーンシートに、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を効率よく形成することが可能になる。

すなわち、レーザビームは、回折格子によって、①回折格子を通過するレーザビーム（0次光）と、②回折格子によって分光されるレーザビームと、③加工精度上の問題から分光時のロスの一つであるノイズ（高次光のレーザビーム）となり、この3種のレーザビームが加工物に照射される。そして、ノイズである高次光のレーザビームの各々のエネルギーレベルは低く、加工物へのアタックは極めて少ないが、ノイズとなるレーザビームの数は分光数より多く、また、分光数に比例して増えるため、そのエネルギーの総量は大きくなる。

回折格子を通過するレーザビームは回折格子で分光されず、通過するだけなので、回折格子で分光されたレーザビームよりエネルギー強度が高くなる。また、回折格子での分光の際にはノイズ（高次光のレーザビーム）が発生するため、分光されたレーザビームのエネルギー強度は意図するよりも小さくなる。

これらの要因が加わるため、回折格子を使って分光したレーザビームを用いて加工を行う場合には、図4に示すように、中央部に形成される貫通孔15（15a）の径が、周辺部の貫通孔15の径よりも大きくなり、均一な形状及び寸法の貫通孔15をセラミックグリーンシート10に形成することができなくなる。

しかし、回折格子を加工する際の工作精度を高くし、分光ロスの一つである前述の高次光の発生を極力抑えけるとともに、予備的な実験で求めた、加工物の加工に必要なエネルギーの閾値を求め、その加工閾値の下限值以上の範囲内において、分光されるレーザビームのエネルギー密度を落としてレーザビームの径が大きくなるように回折格子を設計し、この回折格子を用いてレーザビームを分光することにより、本願発明のように、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均

一な形状及び寸法の複数個のレーザービームを得ることが可能になり、このレーザービームを用いて加工を行うことにより、図 5 に示すように、中央の貫通孔 1 5 (1 5 a) も、周辺部の貫通孔 1 5 も均一な形状及び寸法を有する複数個の貫通孔 1 5 を確実に、しかも効率よくセラミックグリーンシート 1 0 に形成することが可能になる。

【 0 0 1 3 】

なお、本願発明の方法において、「レーザービームを、回折格子を通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザービームに分光し……」とは、レーザービームを、加工対象物の照射面の形状（平面形状）が、形成すべき貫通孔の平面形状に対応する均一な形状及び寸法となるように分光することを意味する概念であり、その具体的な形状に特別の制約はない。

【 0 0 1 4 】

また、回折格子による分光の場合、レーザービームが回折格子を通過する際のエネルギーロスが少なく（従来の分岐器を用いて分岐する方法の場合には、例えば、分岐時の損失が 5 0 ～ 7 0 % 程度まで達するのに対して、本発明の場合には、分光時の損失を約 2 0 % 程度に抑えることが可能になる）、回折格子を通過させる際に、多数個のレーザービームに分光することにより、同時に多数個の貫通孔を形成することが可能になり、極めて効率よく所定の位置に、精度よく、多数個の均一な形状及び寸法の貫通孔を形成することが可能になる。

【 0 0 1 5 】

また、請求項 2 のセラミックグリーンシートの加工方法は、セラミックグリーンシートを移動させながら、レーザービームを照射することを特徴としている。

【 0 0 1 6 】

セラミックグリーンシートを移動させながら、レーザービームを照射することにより、セラミックグリーンシートの異なる位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を効率よく形成することが可能になる。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 3 のセラミックグリーンシートの加工方法は、セラミックグリー

ンシートを断続的に移動させながら、レーザビームを照射することを特徴としている。

【0 0 1 8】

セラミックグリーンシートを断続的に移動させ、セラミックグリーンシートが静止しているタイミングでレーザビームを照射することにより、形状精度や位置精度の高い、均一な形状及び寸法を有する複数の貫通孔を効率よく形成することが可能になる。

【0 0 1 9】

また、請求項 4 のセラミックグリーンシートの加工方法は、前記レーザ光源から放射されるレーザビームが、パルス状のレーザビームであることを特徴としている。

【0 0 2 0】

パルス状のレーザビームを照射することにより、セラミックグリーンシートを連続的に移動させながらレーザビームを照射した場合にも、形状精度や位置精度の高い、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を効率よく形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【0 0 2 1】

また、請求項 5 のセラミックグリーンシートの加工方法は、

セラミックグリーンシートに同一の形状及び寸法を有する複数の貫通孔を形成するためのセラミックグリーンシートの加工方法であって、

パルス状のレーザビームを放射するレーザ光源と、レーザビームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数のレーザビームに分光する回折格子と、レーザビームを所定の反射角度で反射させるガルバノスキャンミラーと、ガルバノスキャンミラーにより反射されたレーザビームを個々に集光する集光レンズと、セラミックグリーンシートを所定の位置関係となるように配設し、

レーザ光源から放射されたパルス状のレーザビームを、前記回折格子を通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数のレーザビームに分光し、

均一に複数個に分光されたパルス状のレーザービームをガルバノスキャンミラーで反射させてセラミックグリーンシートに照射し、セラミックグリーンシートの所定の位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を同時に形成した後、

ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させて、レーザービームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返し、セラミックグリーンシートの異なる所定の位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を形成すること

を特徴としている。

【 0 0 2 2 】

ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させて、レーザービームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返すことにより、セラミックグリーンシートの所定の領域では、セラミックグリーンシートを移動させることなく、複数の位置で、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【 0 0 2 3 】

また、請求項 6 のセラミックグリーンシートの加工方法は、

セラミックグリーンシートに同一の形状及び寸法を有する複数個の貫通孔を形成するためのセラミックグリーンシートの加工方法であって、

パルス状のレーザービームを放射するレーザー光源と、レーザービームを所定の反射角度で反射させるガルバノスキャンミラーと、レーザービームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザービームに分光する回折格子と、複数個に分光されたレーザービームを個々に集光する集光レンズと、セラミックグリーンシートを所定の位置関係となるように配設し、

レーザー光源から放射されたパルス状のレーザービームを、ガルバノスキャンミラーで反射させた後、

ガルバノスキャンミラーで反射されたレーザービームを、前記回折格子を通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザービームに分光し、

均一に複数個に分光されたパルス状のレーザービームをセラミックグリーンシー

トに照射し、セラミックグリーンシートの所定の位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を同時に形成した後、

ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させて、レーザビームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返し、セラミックグリーンシートの異なる所定の位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を形成すること

を特徴としている。

【 0 0 2 4 】

上記請求項 5 のセラミックグリーンシートの加工方法では、レーザビームを回折格子を通過させて、均一な形状及び寸法の複数個のレーザビームに分光した後、分光されたレーザビームを、ガルバノスキャンミラーで反射させてセラミックグリーンシートに照射するようにしているが、この請求項 6 のように、レーザビームをガルバノスキャンミラーで反射させた後、回折格子を通過させて複数個のレーザビームに分光するように構成することも可能であり、その場合にも、上記請求項 5 の構成の場合と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 2 5 】

また、請求項 7 のセラミックグリーンシートの加工方法は、前記セラミックグリーンシートを移動させながら、パルス状のレーザビームの照射を繰り返すことを特徴としている。

【 0 0 2 6 】

上記請求項 5 及び 6 においては、ガルバノスキャンミラーにより反射角度を変化させて、レーザビームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返すようにしているが、セラミックグリーンシートを移動させることにより、位置的な制約なしに広い領域で、セラミックグリーンシートの任意の位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を確実に形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【 0 0 2 7 】

また、請求項 8 のセラミックグリーンシートの加工方法は、前記回折格子が、レーザビームの透過率の高い材料を用いて形成されていることを特徴としている。

【0028】

光学系、特に、回折格子に、レーザービームの透過率の高い材料を用いることにより、エネルギー効率を向上させることが可能になり、セラミックグリーンシートに、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を効率よく形成することが可能になる。

【0029】

また、請求項9のセラミックグリーンシートの加工方法は、前記レーザー光源から放射されるレーザーが、CO₂レーザーであることを特徴としている。

【0030】

CO₂レーザーは、セラミックグリーンシートを構成するセラミック自体による吸収率が低く、セラミック自体の変質などによる特性のばらつきを防止することが可能であるため、本願発明のセラミックグリーンシートの加工方法に用いるのに好適である。

【0031】

なお、CO₂レーザーは、上述のように、セラミックグリーンシートを構成するセラミック自体には吸収されにくい、セラミックグリーンシートを構成するバインダなどに、CO₂レーザーの吸収率の高い物質を配合しておくことにより、CO₂レーザーを用いた場合にも、効率よくセラミックグリーンシートの加工（除去）を行うことが可能になる。

【0032】

また、請求項10のセラミックグリーンシートの加工方法は、前記セラミックグリーンシートが、キャリアフィルムで一面を支持されたキャリアフィルム付きセラミックグリーンシートであることを特徴としている。

【0033】

本願発明は、キャリアフィルム（通常は樹脂フィルム）で一面を支持されたキャリアフィルム付きセラミックグリーンシートを加工する場合にも適用することが可能である。キャリアフィルム付きセラミックグリーンシートを加工するようにした場合、キャリアフィルムに支持された状態で、セラミックグリーンシートを取り扱うことが可能になるため、セラミックグリーンシートの変形や歪みの発

生を抑制して、貫通孔の寸法精度や位置精度を向上させることが可能になる。

【 0 0 3 4 】

また、請求項 1 1 のセラミックグリーンシートの加工装置は、
セラミックグリーンシートを支持する支持手段と、
セラミックグリーンシートを所定方向に移動させる移動手段と、
レーザ光源と、

前記レーザ光源から放射されたレーザビームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数のレーザビームに分光する回折格子と、

前記回折格子を通過し、均一に複数のレーザビームに分光されたレーザビームを個々に集光して、前記支持手段により支持されたセラミックグリーンシートに照射する集光レンズと

を具備することを特徴としている。

【 0 0 3 5 】

セラミックグリーンシートを支持する支持手段と、セラミックグリーンシートを所定方向に移動させる移動手段と、レーザ光源と、レーザビームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数のレーザビームに分光する回折格子と、均一に複数のレーザビームを個々に集光してセラミックグリーンシートに照射する集光レンズとを備えた加工装置を用いることにより、上述の本願発明の加工方法を確実に実施して、セラミックグリーンシートを効率よく加工して、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を効率よく形成することが可能になる。

【 0 0 3 6 】

なお、セラミックグリーンシートを所定方向に移動させる移動手段としては、セラミックグリーンシートを支持する支持手段を所定方向に移動させることにより、セラミックグリーンシートを移動させるように構成されたものや、セラミックグリーンシートを直接移動させるように構成されたものなど、種々の構成のものを用いることも可能である。

【 0 0 3 7 】

また、請求項 12 のセラミックグリーンシートの加工装置は、

セラミックグリーンシートを支持する支持手段と、

レーザ光源と、

前記レーザ光源から放射されたレーザビームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数のレーザビームに分光する回折格子と、

前記回折格子を通過し、均一に複数の分光されたレーザビームを所定の反射角度で反射させるガルバノスキャンミラーと、

前記ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させるガルバノスキャンミラー駆動手段と、

前記ガルバノスキャンミラーにより所定の反射角度で反射されたレーザビームを個々に集光して、前記支持手段により支持されたセラミックグリーンシートに照射する集光レンズと

を具備することを特徴としている。

【0038】

回折格子を通過して分光されたレーザビームを、ガルバノスキャンミラーで反射させてセラミックグリーンシートに照射するとともに、ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させて、レーザビームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返すことにより、セラミックグリーンシートの所定の領域では、セラミックグリーンシートを移動させることなく、複数の位置で、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【0039】

また、請求項 13 のセラミックグリーンシートの加工装置は、

セラミックグリーンシートを支持する支持手段と、

レーザ光源と、

前記レーザビームを所定の反射角度で反射させるガルバノスキャンミラーと、

前記ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させるガルバノスキャンミラー駆動手段と、

前記ガルバノスキャンミラーにより所定の反射角度で反射されたレーザービームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数のレーザービームに分光する回折格子と、

前記回折格子を通過し、均一に複数のレーザービームに分光されたレーザービームを個々に集光して、前記支持手段により支持されたセラミックグリーンシートに照射する集光レンズと

を具備することを特徴としている。

【0040】

ガルバノスキャンミラーにより所定の反射角度で反射されたレーザービームをセラミックグリーンシートに照射するとともに、ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させて、レーザービームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返すようにした場合にも、セラミックグリーンシートの所定の領域では、セラミックグリーンシートを移動させることなく、複数の位置で、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【0041】

また、請求項14のセラミックグリーンシートの加工装置は、セラミックグリーンシートを所定方向に移動させる移動手段を具備していることを特徴としている。

【0042】

上記請求項12、及び13の加工装置においては、ガルバノスキャンミラーにより反射角度を変化させて、レーザービームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返すようにしているが、請求項14のように、セラミックグリーンシートを移動させることにより、位置的な制約なしに広い領域で、セラミックグリーンシートの任意の位置に、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を確実に形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【0043】

【発明の実施の形態】

以下、本願発明の実施の形態を示してその特徴とするところをさらに詳しく説

明する。

【 0 0 4 4 】

〔実施形態 1〕

図 1 は、本願発明の一実施形態にかかるセラミックグリーンシートの加工装置の概略構成を示す図である。また、図 2 は図 1 の加工装置を用いて貫通孔を形成したセラミックグリーンシートを示す図である。

【 0 0 4 5 】

この実施形態では、例えば、積層型コイル部品の製造に用いられるセラミックグリーンシートを加工して、図 2 に示すように、平面形状が円形の貫通孔 1 5 を形成する場合を例にとって説明する。なお、上記貫通孔 1 5 は、製品（積層型コイル部品）においてピアホールとして機能することになるものである。

【 0 0 4 6 】

この実施形態で用いた加工装置は、図 1 に示すように、セラミックグリーンシート 1 0 を支持するとともに、所定の方向にセラミックグリーンシート 1 0 を移動させることができるように構成された支持手段（この実施形態では X Y テーブル） 1 1 と、レーザ光源 1 と、レーザ光源 1 から放射されたレーザビーム 2 を通過させて、セラミックグリーンシート 1 0 に形成すべき貫通孔 1 5 （図 2）の形状に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザビームに分光する回折格子 3 と、回折格子 3 を通過し、均一に複数個に分光されたレーザビーム 2 を所定の反射角度で反射させるガルバノスキャンミラー 4 と、ガルバノスキャンミラー 4 により所定の反射角度で反射されたレーザビーム 2 を個々に集光する集光レンズ 5 とを備えており、集光レンズ 5 を通過して集光されたレーザビームが、X Y テーブル 1 1 上のセラミックグリーンシート 1 0 に照射されるように構成されている。

【 0 0 4 7 】

この加工装置は、さらに、レーザ光源 1 を駆動するレーザ光源駆動手段 6、ガルバノスキャンミラー 4 の反射角度を変化させるガルバノスキャンミラー駆動手段 7 と、X Y テーブル 1 1 を所定の方向に移動させて、その上に支持されたセラミックグリーンシート 1 0 を所定の方向に移動させるためのテーブル駆動手段（

移動手段) 12とを備えている。

【0048】

また、この加工装置においては、レーザ光源1として、パルス幅の短いCO₂レーザを放射するレーザ光源が用いられている。また、回折格子3、ガルバノスキャンミラー4、及び集光レンズ5には、CO₂レーザの吸収が少ないZnSeが用いられている。

【0049】

なお、この加工装置においては、回折格子3として、格子の配設位置などを調整するなどの方法で、分光された複数個のレーザビームのうち、中央部のレーザビームも、周辺部のレーザビームと同じエネルギーを持つように、レーザビームを均一な形状及び寸法に複数個に分光できるように構成されたものが用いられているので、中央に形成される貫通孔が周辺部の貫通孔よりも大きくなってしまいうことがなく、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を確実に形成することが可能になる。

【0050】

次に、上記のように構成されたセラミックグリーンシートの加工装置を用いて、セラミックグリーンシートに貫通孔を形成する方法について説明する。

【0051】

①まず、NiCuZnフェライトを主成分とするセラミックに酢酸ビニル系バインダを添加し、ボールミルで17時間混合した後、ドクターブレード法によりシート状に成形した、厚さ50 μ mのセラミックグリーンシート10を、支持手段11上に載置する。

②そして、定格出力300Wの穴あけ用のCO₂レーザ発生装置のレーザ光源1から放射されたパルス状のレーザビーム2を、回折格子3を通過させて、セラミックグリーンシート10に形成すべき貫通孔15(図2)の形状に対応する形状を有する複数個(ここでは、縦5個×横5個の25分割)の、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法のレーザビームに分光する。なお、本願発明によれば、例えば、縦3個×横3個の9分割、縦7個×横7個の49分割など、レーザビームを種々の態様で分割することが可能である。

③それから、均一に複数個に分光されたパルス状のレーザービーム 2 を、ガルバノスキャンミラー 4 で反射させてセラミックグリーンシート 1 0 に照射し、セラミックグリーンシート 1 0 の所定の位置を除去して、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔 1 5 (図 2) を形成する。なお、ここでは、直径が $50\ \mu\text{m}$ の平面形状が円形の貫通孔 1 5 を形成した。また、貫通孔 1 5 の加工ピッチは、 $1.2\text{mm} \times 0.6\text{mm}$ とした。

また、レーザービーム 2 としては、発振周波数 = 1kHz 、パルス幅 = $50\ \mu\text{s}$ (マイクロ秒)、パルスエネルギー = 1mJ の条件のものを用いた。

④それからさらに、ガルバノスキャンミラー 4 の反射角度を変化させて、レーザービーム 2 のセラミックグリーンシート 1 0 への照射を繰り返し、セラミックグリーンシート 1 0 の異なる所定の位置に、均一な形状及び寸法の貫通孔 1 5 (図 2) を形成する。

⑤そして、④の、ガルバノスキャンミラー 4 の反射角度を変化させてレーザービーム 2 をセラミックグリーンシート 1 0 に照射する工程を繰り返し、セラミックグリーンシート 1 0 の所定の領域 (ガルバノスキャンミラーの反射角度を変えることにより、異なる位置に貫通孔 1 5 を形成することができる領域) のすべてに均一な形状及び寸法の貫通孔 1 5 を形成した後、XY テーブル 1 1 を所定量だけ移動させ、前記②～④の工程を繰り返して、セラミックグリーンシート 1 0 の全体の所定の位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔 1 5 を形成する。

【0052】

この実施形態の加工装置及び加工方法によれば、回折格子 3 を通過させて分光した、均一な形状及び寸法の複数個のレーザービーム 2 を、セラミックグリーンシート 1 0 に照射することにより、セラミックグリーンシート 1 0 に均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔 1 5 (図 2) を同時に形成するようにしているので、マスクを用いる必要がなく、高いエネルギー効率で、セラミックグリーンシート 1 0 の所定の位置に効率よく、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔 1 5 を形成することができる。

【0053】

なお、従来の金型とピンを用いる方法、従来の分岐器を用いるレーザー加工法、

及び上記実施形態の方法における、貫通孔の最小寸法（直径）、加工位置精度、及び加工速度を表 1 に示す。

【0054】

【表 1】

	従来の金型とピン による加工方法	従来の レーザ加工法	実施形態 1 の 加工方法
形成可能な貫通孔 の最小寸法 (μm)	100	25	25
加工位置精度 (μm)	50	20	20
加工速度 (個/秒)	5000	400	7000

【0055】

表 1 より、上記実施形態の加工方法（加工装置）によれば、従来の金型とピンによる加工方法に比べて、微細で均一な貫通孔を高精度で、しかも、大きな加工速度で形成できることがわかる。また、従来の分岐器を用いたレーザ加工法の場合には、加工速度が 400 個/秒であるのに比べて、上記実施形態の加工方法の場合、加工速度が 7000 個/秒と著しく加工速度が向上していることがわかる。

【0056】

なお、上記実施形態では、平面形状が円形の貫通孔を形成する場合を例にとって説明したが、本願発明において、貫通孔の形状に特別の制約はなく、方形、方形以外の多角形、楕円形など、回折格子の設計パターンを変更することにより、種々の形状の貫通孔を形成することができる。

【0057】

また、上記実施形態では、積層型コイル部品の製造に用いられるセラミックグリーンシートに貫通孔を形成する場合を例にとって説明したが、本願発明は、貫通孔を形成すべきセラミックグリーンシートの種類や用途に特別の制約はなく、例えば、積層基板などに用いられるセラミックグリーンシートにビアホール用の貫通孔を形成する場合などに広く適用することが可能である。

【 0 0 5 8 】

また、上記実施形態では、CO₂レーザを用いているが、本願発明においては、他種類のレーザを用いることも可能である。

【 0 0 5 9 】

また、上記実施形態では、パルス状のレーザビームを用いているが、場合によっては、パルス状のレーザビーム以外のレーザビームを用いることも可能である。

【 0 0 6 0 】

また、上記実施形態では、セラミックグリーンシートを直接XYテーブル（支持手段）に載置して加工するようにしているが、キャリアフィルム上に支持されたセラミックグリーンシートをキャリアフィルムごと支持手段に載置して加工することも可能である。なお、キャリアフィルム付きセラミックグリーンシートを加工するようにした場合、キャリアフィルムに支持された状態で、セラミックグリーンシートを取り扱うことができるため、セラミックグリーンシートの変形や歪みの発生を抑制して、貫通孔の寸法精度や位置精度を向上させることが可能になる。

【 0 0 6 1 】

〔実施形態 2〕

図 3 は、本願発明の他の実施形態にかかるセラミックグリーンシートの加工装置の概略構成を示す図である。

【 0 0 6 2 】

この実施形態の加工装置は、レーザビーム 2 が、先にガルバノスキャンミラー 4 で反射された後、回折格子 3 を通過して、均一な形状及び寸法の複数個のレーザビームに分光されるように構成されている。

【 0 0 6 3 】

この実施形態 2 の加工装置は、回折格子 3 をガルバノスキャンミラー 4 と集光レンズ 5 の間に配設した点を除いては、上記実施形態 1 で用いた加工装置と同様に構成されており、また、かかる加工装置を用いてセラミックグリーンシートを加工する場合の加工方法も同様であることから、上記実施形態 1 の相当部分の説

明を援用して、ここではその説明を省略する。なお、図 3 において、図 1 と同一符号を付した部分は、同一又は相当部分を示している。

この図 3 の加工装置を用いてセラミックグリーンシートを加工した場合にも、上記実施形態 1 の場合と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 6 4 】

なお、本願発明は、上記の実施形態 1，2 によって限定されるものではなく、発明の要旨の範囲内において、種々の応用、変形を加えることが可能である。

【 0 0 6 5 】

【発明の効果】

上述のように、本願発明（請求項 1）のセラミックグリーンシートの加工方法は、レーザビームを、回折格子を通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザビームに分光し、均一に複数個に分光されたレーザビームをセラミックグリーンシートに照射するようにしているので、セラミックグリーンシートに、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を効率よく形成することが可能になる。

【 0 0 6 6 】

また、回折格子による分光の場合、レーザビームが回折格子を通過する際のエネルギーロスが少ないため、回折格子を通過させる際に、多数個のレーザビームに分光することにより、同時に多数個の貫通孔を形成することが可能になり、極めて効率よく所定の位置に、均一な形状及び寸法の多数個の貫通孔を形成することが可能になる。

【 0 0 6 7 】

また、請求項 2 のセラミックグリーンシートの加工方法のように、セラミックグリーンシートを移動させながら、レーザビームを照射するようにした場合、セラミックグリーンシートの異なる位置に、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を効率よく形成することが可能になる。

【 0 0 6 8 】

また、請求項 3 のセラミックグリーンシートの加工方法のように、セラミックグリーンシートを断続的に移動させ、セラミックグリーンシートが静止している

タイミングでレーザービームを照射するようにした場合、形状精度や位置精度の高い、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を効率よく形成することが可能になる。

【0069】

また、請求項4のセラミックグリーンシートの加工方法のように、パルス状のレーザービームを照射するようにした場合、形状精度や位置精度の高い、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を効率よく形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【0070】

また、請求項5のセラミックグリーンシートの加工方法のように、ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させて、レーザービームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返すようにした場合、セラミックグリーンシートの所定の領域では、セラミックグリーンシートを移動させることなく、複数の位置で、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【0071】

また、請求項6のセラミックグリーンシートの加工方法のように、ガルバノスキャンミラーで反射されたレーザービームを、回折格子を通過させて複数のレーザービームに分光して、セラミックグリーンシートに照射するようにした場合にも、上記請求項5の構成の場合と同様の効果を得ることができる。

【0072】

また、ガルバノスキャンミラーにより反射角度を変化させて、レーザービームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返して、複数の位置に貫通孔を形成することができるようにしている場合においても、請求項7のように、セラミックグリーンシートを移動可能とすることにより、位置的な制約なしに広い領域で、セラミックグリーンシートの任意の位置に、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を確実に形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【0073】

また、請求項 8 のセラミックグリーンシートの加工方法のように、光学系、特に、回折格子に、レーザービームの透過率の高い材料を用いた場合、エネルギー効率を向上させることが可能になり、セラミックグリーンシートに均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を効率よく形成することが可能になる。

【0074】

また、請求項 9 のセラミックグリーンシートの加工方法のように、レーザーとして、CO₂ レーザを用いた場合、セラミックグリーンシートを構成するセラミック自体による吸収が少ないため、セラミック自体の変質などによる特性のばらつきを防止することが可能になる。

【0075】

また、請求項 10 のセラミックグリーンシートの加工方法のように、本願発明は、キャリアフィルム（通常は樹脂フィルム）で一面を支持されたキャリアフィルム付きセラミックグリーンシートを加工する場合にも適用することが可能であり、その場合、キャリアフィルムに支持された状態で、セラミックグリーンシートを取り扱うことができるため、セラミックグリーンシートの変形や歪みの発生を抑制して、寸法精度や位置精度の高い貫通孔を確実に形成することが可能になる。

【0076】

また、本願発明（請求項 11）のセラミックグリーンシートの加工装置は、セラミックグリーンシートを支持する支持手段と、セラミックグリーンシートを所定方向に移動させる移動手段と、レーザー光源と、レーザービームを通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザービームに分光する回折格子と、均一に複数個に分光されたレーザービームを個々に集光してセラミックグリーンシートに照射する集光レンズとを備えた構成を有しており、かかる加工装置を用いることにより、上述の本願発明の加工方法を確実に実施して、セラミックグリーンシートを効率よく加工して、均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を効率よく形成することが可能になる。

【0077】

また、請求項 12 及び 13 のセラミックグリーンシートの加工装置は、ガルバ

ノスキャンミラーを備えているので、ガルバノスキャンミラーの反射角度を変化させて、回折格子を通過して分光されたレーザービームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返すことにより、セラミックグリーンシートの所定の領域では、セラミックグリーンシートを移動させることなく、複数の位置で、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を効率よく形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【 0 0 7 8 】

また、上記請求項 1 2，及び 1 3 の加工装置においては、ガルバノスキャンミラーにより反射角度を変化させて、レーザービームのセラミックグリーンシートへの照射を繰り返すようにしているが、請求項 1 4 のように、セラミックグリーンシートを移動させることにより、位置的な制約なしに広い領域で、セラミックグリーンシートの任意の位置に、均一な形状及び寸法の複数の貫通孔を確実に形成することが可能になり、本願発明をより実効あらしめることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本願発明の一実施形態（実施形態 1）にかかるセラミックグリーンシートの加工装置の概略構成を示す図である。

【図 2】

本願発明の一実施形態（実施形態 1）において、図 1 の加工装置を用いてセラミックグリーンシートを加工することにより貫通孔を形成したセラミックグリーンシートを示す図である。

【図 3】

本願発明の他の実施形態（実施形態 2）にかかるセラミックグリーンシートの加工装置の概略構成を示す図である。

【図 4】

通常の回折格子により複数の分光したレーザービームを用いてセラミックグリーンシートに貫通孔を形成した場合の、貫通孔の形状を模式的に示す平面図である。

【図 5】

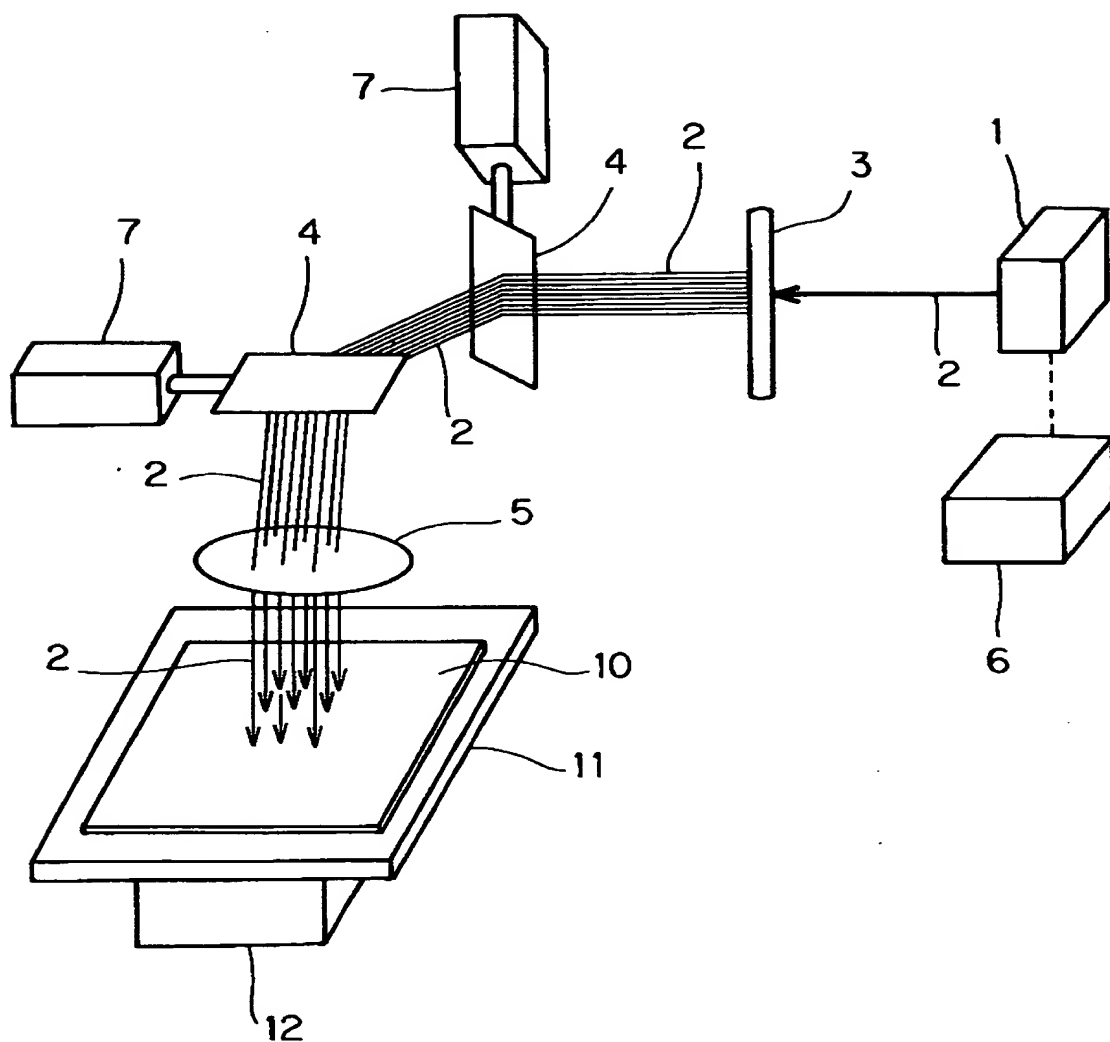
回折格子の格子の配設位置などを調整する方法で、中央部のレーザービームも、周辺のレーザービームと同じエネルギーを持つことになるように分光したレーザービームを用いてセラミックグリーンシートに貫通孔を形成した場合の、貫通孔の形状を模式的に示す平面図である。

【符号の説明】

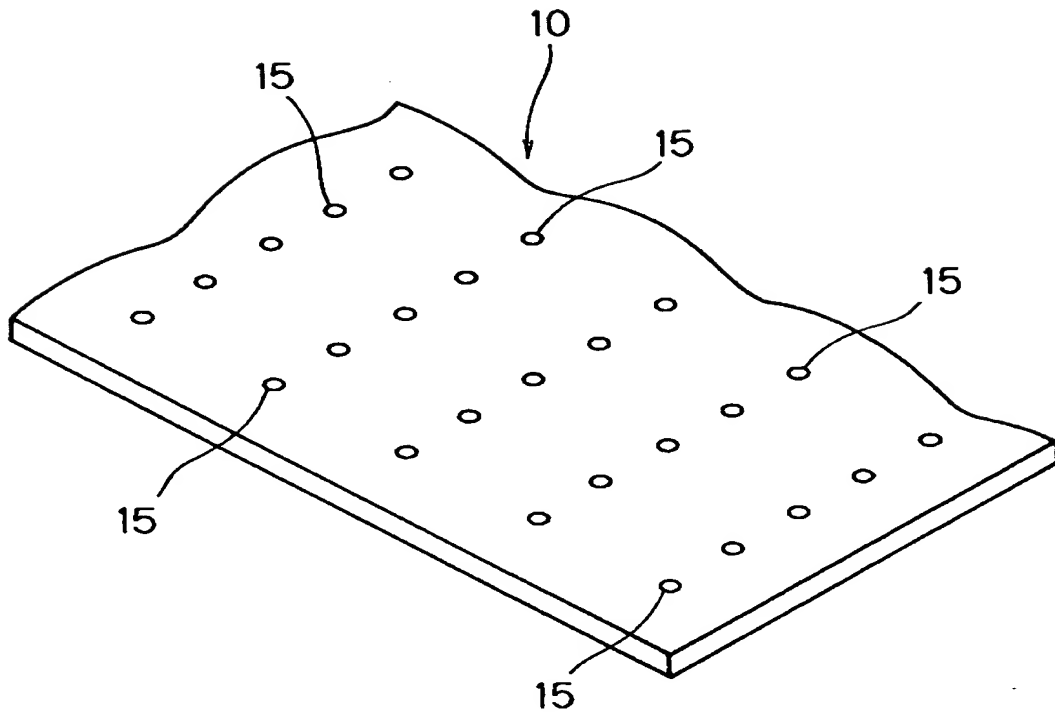
- | | |
|-------|-----------------|
| 1 | レーザー光源 |
| 2 | レーザービーム |
| 3 | 回折格子 |
| 4 | ガルバノスキャンミラー |
| 5 | 集光レンズ |
| 6 | レーザー光源駆動手段 |
| 7 | ガルバノスキャンミラー駆動手段 |
| 1 0 | セラミックグリーンシート |
| 1 1 | 支持手段（X Yテーブル） |
| 1 2 | テーブル駆動手段 |
| 1 5 | 貫通孔 |
| 1 5 a | 中央部の貫通孔 |

【書類名】 図面

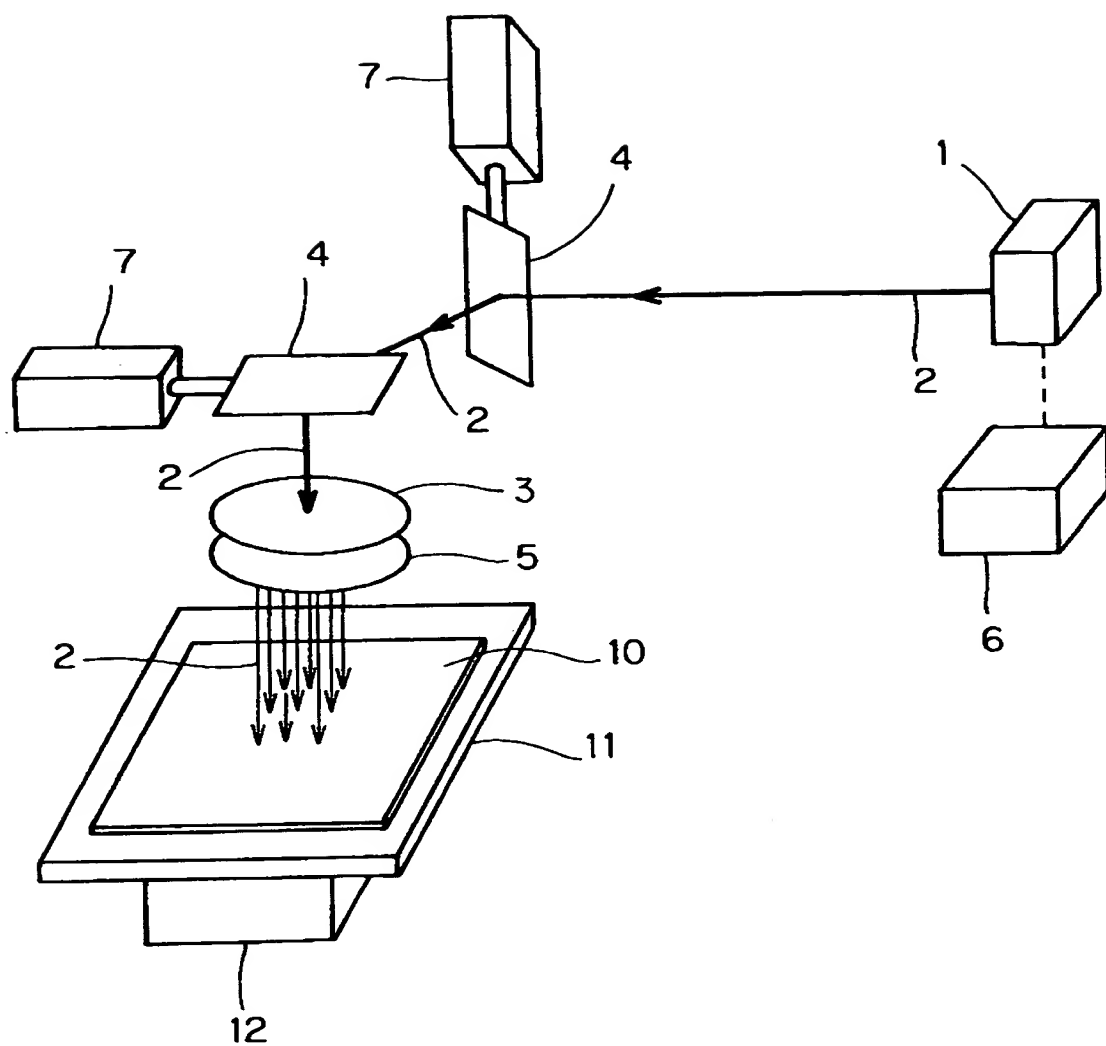
【図 1】



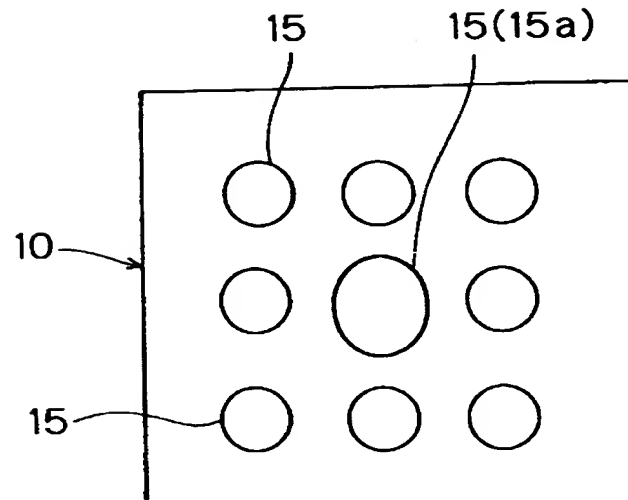
【図 2】



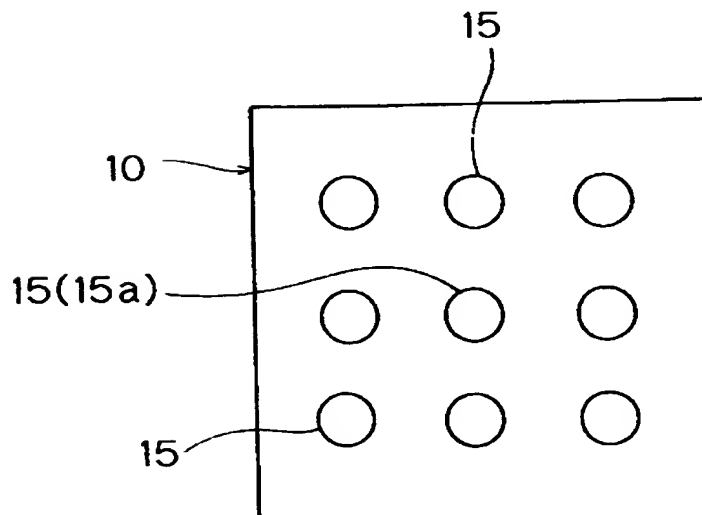
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 セラミックグリーンシートの所定の位置に、均一な形状及び寸法を有する複数個の貫通孔を効率よく形成することを可能にする。

【解決手段】 レーザ光源 1 から放射されたレーザビーム 2 を、回折格子 3 を通過させて、形成すべき貫通孔の形状及び寸法に対応する均一な形状及び寸法の複数個のレーザビームに分光した後、均一に複数個に分光されたレーザビームをセラミックグリーンシート 1 0 に照射して、セラミックグリーンシート 1 0 に均一な形状及び寸法の複数個の貫通孔を同時に形成する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006231]

1. 変更年月日 1990年 8月28日
[変更理由] 新規登録
住 所 京都府長岡京市天神二丁目26番10号
氏 名 株式会社村田製作所